

Д. О. ЛИЧОВ

кандидат технічних наук,
старший викладач кафедри автомобільного транспорту
та соціальної безпеки
Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна»
ORCID: 0000-0002-3231-5985

Г. В. КОШЕЛЬ

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри автомобільного транспорту та соціальної безпеки
Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна»
ORCID: 0000-0003-1862-1553

Т. В. ПЕТРЕНКО

старший викладач кафедри автомобільного транспорту
та соціальної безпеки
Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна»
ORCID: 0000-0003-4733-4035

ТЕНДЕНЦІЇ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ТЯГИ В УКРАЇНІ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ

Можливість використання електротяги розширило ринок транспортних засобів, де почали використовувати електричні двигуни (мотоцикли, скутери, автобуси, вантажні автомобілі, залізничний транспорт та літаки). Слід також розглянути і перспективу використання гібридного двигуна (комбінований привід), в яких застосовується двигун внутрішнього згорання разом з акумуляторною батареєю. Враховуючи великий попит на купівлю автомобілів з електротягою, слід ретельно розібратися з основними поняттями та конструкцією електроавтомобіля. Типізація автомобілів з електричним приводом поділяється на: м'які гібриди характеризуються електродвигуном, який застосовують в момент початку руху або миттєвого прискорення; гібриди характеризуються акумуляторною батареєю середньої ємності, яка має заряджатися через рекуперацію, що виникає під час гальмування; за рахунок додаткової тяги, що сприяє економії пального та захисту від шкідливих речовин, кількість яких має тенденцію до зменшення; плагін-гібриди характеризуються потужними акумуляторними батареями, що забезпечує рух на певну відстань без двигуна внутрішнього згорання, який вмикається при зниженні потужності акумуляторної батареї або під час швидкого прискорення; повноцінні електромобілі. Китайські виробники автомобілів з електротягою запропонували вирішувати проблему довгої зарядки через механізм заміни розрядженої акумуляторної батареї на заряджену, для цього облаштувавши спеціальні бокси. Така операція здійснюється автоматично, без оператора та за часом, як заправити повний бак. Одним із напрямків по зарядці електроавтомобілів є безконтактна, яка передбачає використання потужного індуктора, що працюватимуть в автоматичному режимі. Також безконтактна зарядка може здійснюватися і під час руху від прихованої у дорожньому покритті обмотці. Тому, основним напрямком впровадження електричної тяги буде інтенсивне виробництво електроавтомобілів, станцій з електрозарядним обладнанням, заміна акумуляторної батареї різного складу.

Ключові слова: електричний транспорт, автомобіль, акумуляторна батарея.

D. O. LYCHOV

Candidate of Technical Sciences,
Senior Lecturer at the Department of Road Transport and Social Security
Open International University of Human Development "Ukraine"
ORCID: 0000-0002-3231-5985

G. V. KOSHEL

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Road Transport
and Social Security
Open International University of Human Development "Ukraine"
ORCID: 0000-0003-1862-1553

T. V. PETRENKO

Senior Lecturer at the Department of Road Transport and Social Security
Open International University of Human Development "Ukraine"

ORCID: 0000-0003-4733-4035

TRENDS OF THE APPLICATION OF ELECTRIC TRACTION IN UKRAINE FOR ROAD TRANSPORT

The possibility of using electric traction expanded the market of vehicles, where electric motors began to be used (motorcycles, scooters, buses, trucks, railway transport and airplanes). The prospect of using a hybrid engine (combined drive), in which an internal combustion engine is used together with a battery, should also be considered. Given the high demand for purchasing electric cars, you should thoroughly understand the basic concepts and design of an electric car. Typing of cars with an electric drive is divided into: mild hybrids are characterized by an electric motor, which is used at the moment of starting movement or instantaneous acceleration; hybrids are characterized by a battery of medium capacity, which must be charged through recuperation that occurs during braking; due to additional traction, which helps to save fuel and protect against harmful substances, the amount of which tends to decrease; plug-in hybrids are characterized by powerful batteries, which provides movement for a certain distance without the internal combustion engine, which turns on when the battery power is reduced or during rapid acceleration; full-fledged electric cars. Chinese manufacturers of electric cars proposed to solve the problem of long charging through the mechanism of replacing a discharged battery with a charged one, by equipping special boxes for this purpose. Such an operation is performed automatically, without an operator, and according to time, how to fill a full tank. One of the directions for charging electric cars is contactless, which involves the use of a powerful inductor that will work in automatic mode. Contactless charging can also be carried out while driving from a winding hidden in the road surface. Therefore, the main direction of the introduction of electric traction will be the intensive production of electric cars, stations with electric charging equipment, replacement of batteries of various composition.

Key words: electric transport, car, battery.

Постановка проблеми

Початок застосування електричної тяги – це період першої половини XIX сторіччя, яка використовувалась на екіпажах. Поступове вдосконалення електричних джерел енергії, набуло широко впровадження на автомобільному транспорті. Таким джерелом є акумулятор, який у сучасних автомобілях зроблено з різних матеріалів, зокрема: графен та літій з полімером. Автомобілі з електродвигуном в Україні вже близько двадцяти років продаються в автосалонах відомих брендів. Перші електрокари масових моделей з'явилися у 2009 році Mitsubishi i-MiEV та у 2010 році Nissan Leaf. За 2022 рік продаж автомобілів з електричною тягою зріс у 1,5 рази, про це повідомляє Укравтопром. Саме рішення КМУ від 27.09.22 року про збільшення автомобільних електростанцій в регіонах на період 2023–2024 років, мало на меті розширити модельний ряд та збільшити показники екологічності за рахунок продажу електрокарів. Кількість придбаних електрокарів у березні 2023 року склала 3200 одиниць [1]. Світові тенденції продажу електромобілів зріс на 68% до 7,8 млн. одиниць. Основними покупцями стали європейці та китайці, хоча на ринку електрокарів Європа та Китай займають вже свій сегмент щодо виробництва таких транспортних засобів.

Можливість використання електротяги розширило ринок транспортних засобів, де почали використовувати електричні двигуни (мотоцикли, скутери, автобуси, вантажні автомобілі, залізничний транспорт та літаки) [2]. Слід також розглянути і перспективу використання гібридного двигуна (комбінований привід), в яких застосовується двигун внутрішнього згорання разом з акумуляторною батареєю. Тенденції, щодо збільшення виробництва електромобілів, дає суттєвий поштовх до переходу від забруднюючих видів палива до екологічних джерел роботи двигуна без небезпечних викидів у навколишнє середовище.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідження автомобілів з електричною тягою показали, що саме перехід до більш екологічно чистого безшкідливого викидів автомобілі – формула можливості до зменшення видобутку нафти та газу з подальшою їх переробкою. Використання акумуляторної батареї дає можливість об'єднати з двигуном внутрішнього згорання або повністю перейти на електричну рушійну силу. На сьогодні багато науковців як в Україні, так і за кордоном дуже широко вивчають питання електромобілів. Зокрема, Будьонний О. В., Гладій Б. О., Гнатів А. В., Гончаров Ю. П., Дембіцький В. М., Кошель М. Д., Шевчук Я. В.

Формування мети дослідження

Сучасні тенденції впровадження електричної тяги на автомобілях набуває все частішого застосування, такі транспортні засоби більшість людей називають «зеленим» або «екологічним». Це вже не дослідницькі чи експериментальні зразки, а досить потужні транспортні засоби як для власного, так і для комерційного використання. Враховуючи великий попит на купівлю автомобілів з електротягою, слід ретельно розібратися з основними поняттями та конструкцією електроавтомобіля.

Типізація автомобілів з електричним приводом поділяється на:

– м'які гібриди характеризуються електродвигуном, який застосовують в момент початку руху або миттєвого прискорення;

– гібриди характеризуються акумуляторною батареєю середньої ємності, яка має заряджатися через рекуперацію, що виникає під час гальмування; за рахунок додаткової тяги, що сприяє економії пального та захисту від шкідливих речовин, кількість яких має тенденцію до зменшення;

– плагін-гібриди характеризуються потужними акумуляторними батареями, що забезпечує рух на певну відстань без двигуна внутрішнього згорання, який вмикається при зниженні потужності акумуляторної батареї або під час швидкого прискорення;

– повноцінні електромобілі.

Кожна конструкція автомобіля з електричною тягою передбачає тісну роботу із спеціалістами у хімічній та електротехнічній галузях. Також слід зазначити, що світові автовиробники поступово збільшують ємність акумуляторної батареї, знижує вартість батареї, швидкість зарядження визначається потужністю електростанцій, удосконалюються технічні характеристики електродвигунів. Ці чинники розширюють межі виробництва автомобілів з електричною тягою з поступовим зниженням ціни у дилерів.

Для збільшення кількості електромобілів, зокрема, на території України необхідно розвивати інфраструктуру, де основну роль слід приділяти зарядним станціям та станціям технічного обслуговування, які мають бути розташовані у межах з мінімальною зарядною потужністю акумуляторною батареєю.

До початку повномасштабної війни, перспективою збільшення зарядних станцій мало реалізувати АТ «ЕЛМЗ». Відкриття першого етапу 8 станцій планувалось на 2021 рік, вартість складала до 200000 доларів. Можливості таких станцій полягає у використанні як постійного, так і змінного струмів.

АТ «ЕЛМЗ» розробило і виробляє зарядні станції як для «широкого», так і для «звичайного» зарядження. Більш потужні FastCharger видають 75 кВт і випускаються у двох конфігураціях: (1) DC 75 кВт із китайським зарядним інтерфейсом GB/T та (2) DC 75 кВт із японським стандартом зарядження CHAdeMO + AC 22 кВт Type-2. Незабаром з'явиться ще одна конфігурація: (3) DC 75 кВт із двома портами швидкого зарядження CHAdeMO + CCS (Combo-2) та одним портом AC 22 кВт Type-2. Лінійка зарядних станцій змінного струму складається 1 порту AC 22 кВт, 380 В, 2 портів AC 22 кВт, 380 В, 3 портів AC 7 кВт, 220 В і 1 порту AC 22 кВт, 380 В + 1 порту AC 7 кВт, 220 В.

Китайські виробники автомобілів з електротягою запропонували вирішувати проблему довгої зарядки через механізм заміни розрядженої акумуляторної батареї на заряджену, для цього облаштувавши спеціальні бокси. Така операція здійснюється автоматично, без оператора та за часом, як заправити повний бак. Одним із напрямків по зарядці електроавтомобілів є безконтактна, яка передбачає використання потужного індуктора, що працюватимуть в автоматичному режимі. Також безконтактна зарядка може здійснюватися і під час руху від прихованої у дорожньому покритті обмотці.

Тому, основним напрямком впровадження електричної тяги буде інтенсивне виробництво електроавтомобілів, станцій з електростанціями обладнанням, заміна акумуляторної батареї різного складу.

Викладання основного матеріалу дослідження

У принципі, будь-який бензиновий або дизельний автомобіль можна перетворити на електрокар: зняти двигун внутрішнього згорання, поставити електромотор і акумуляторні батареї, а також поміняти електроніку. Ціни на акумуляторні батареї падають, масове виробництво дозволяє знизити ціни на компоненти до електричних моторів, вбудованих у маточину колеса. Незабаром вартість переоснащення можна буде знизити майже наполовину. Паралельно значні зміни відбуваються в самому сегменті автомобілів на електричній тязі. Його можна розділити на три основні частини: гібриди, що заряджають акумуляторну батарею під час їзди або гальмування, плагін-гібриди PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle), які заряджаються кабелем від мережі, і повністю електричні автомобілі BEV. Дискусії політиків у Німеччині та Євросоюзі навколо питання, чи варто заради захисту клімату заборонити продажі легкових автомобілів з двигунами внутрішнього згорання (ДВЗ) вже в 2030 році або почекати до 2035-го, незабаром можуть втратити будь-який сенс, оскільки до того часу ця проблема вирішиться сама собою. Про це свідчать швидкі, навіть стрімкі зміни, що відбуваються на автомобільному ринку ФРН – найбільшому в Європі (див. рис. 1).

Автомобілі з електричною тягою пройшли наступні етапи перетворень:

Етап 1. Заміна двигунів внутрішнього згорання на електричну тягу з інвертором, акумулятори розміщувалися замість паливного бака або у багажний простір, що зменшувало його об'єм. Для перших таких автомобілів був характерний невеликий запас ходу, зберігались трансмісія та частково елементи конструкції від звичайного автомобіля. На початку експлуатації, електрична батарея не виробляла достатню потужності для високих швидкостей, але одна була перевага – відносно низька ціна. Наприклад, RAV4 EV випуск 1997 року.

Етап 2. Автомобілі з двигуном внутрішнього згорання поступово через зміну конструкції – переходили на електричну тягу без звичайної трансмісії, але з тими ж проблемами щодо розміщення електричної тяги. Конструкція змінювалася при цьому не ставала конкурентно спроможною проти бензинового і дизельного двигунів. Наприклад, Kia Soul EV 2014 та VW E-Golf 2015 років (акумуляторна батарея розміщувалась під переднім сидінням і у центральному тунелі з запасом ходу до 100 км; Nissan Leaf без елементів двигуна внутрішнього згорання).

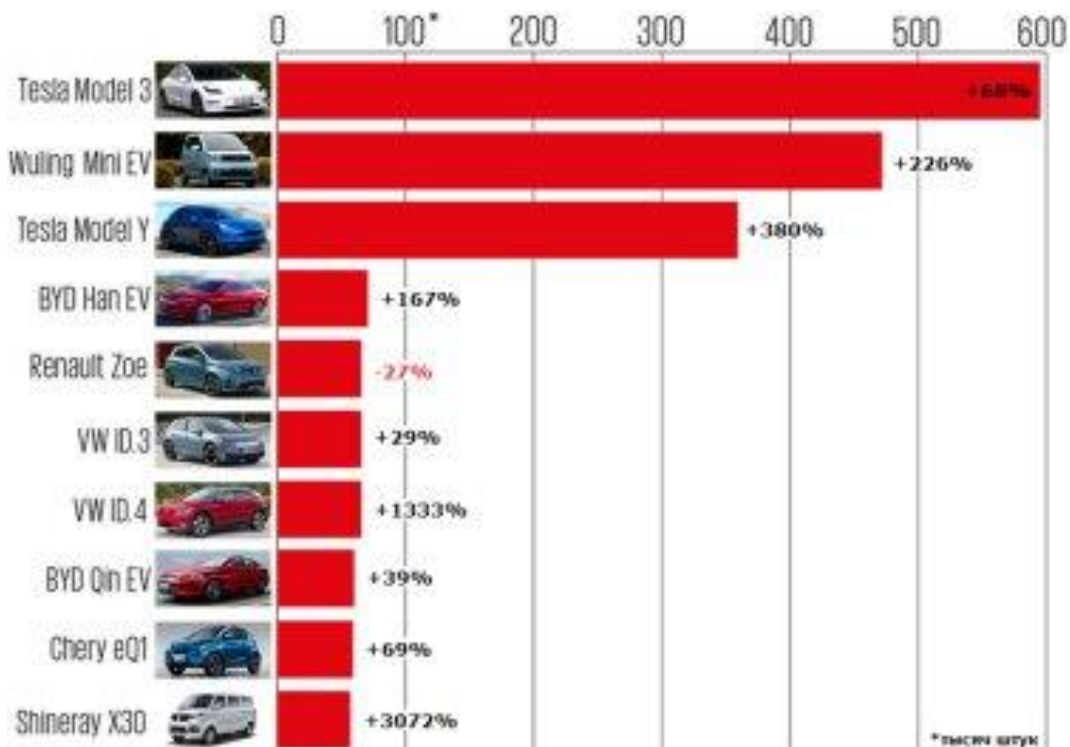


Рис. 1

Починаючи з 2025 року широким темпів використання електричної тяги на основі акумуляторів з літійем набуває дефіциту, оскільки ціна зросла майже до 150%. Такий прогноз зробили експерти з Міжнародного енергетичного агентства (IEA), вони також зазначили, що і нікель на 25% та графіт на 15% збільшать вартість електрофікованих транспортних засобів.

Автомобілі з електротягою позначають аббревіатурою EV (від Electrical Vehicle) – це словосполучення характеризує використання акумуляторної батареї з графену, літію та полімеру, алюмінію та графену (з 2024 року). Аббревіатура – EC (Electric Car) не набула широко вжитку. Позначення сучасних електромобілів BEV (від Battery) – це ті машини, що застосовують лише електричний двигун (див. рис. 2).



Рис. 2

Категорія автомобілів на електротязі – FCEV працюють на паливних елементах (Fuel Cell), тобто електрика виробляється за рахунок хімічної реакції сполуки водню з киснем, що відбувається без процесу горіння в каталітичних осередках. Автомобілі такого типу FCEV заправляються воднем, а вихлопом є чиста вода. Електричний струм, що генерується, заряджає батарею, яка власне і живить електродвигун. Поширення FCEV поки що не отримали, оскільки є суттєві проблеми з виробленням, транспортуванням, зберіганням водню та заправленням ним автомобілів.

Гібридні конструкції NEV (Hybrid) поєднують у своїй конструкції електротягу із двигуном внутрішнього згорання, набули популярності як у виробників, так і у покупців. Для електроавтомобілів основною ознакою виступає не дріт для зарядки, а робота двигуна без викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище [3].

Основними характеристиками автомобілів з електротягою є:

1. Потужність та крутний момент. Це пов'язано з тим, що електродвигун не витрачає велику частку енергії на процеси тертя, не потребує спеціальної системи змащування та практично відсутній знос. Така характеристика сприяє збільшенню потужності до 500 к.с. та швидкому прискоренню порівняно з двигуном внутрішнього згорання, наприклад, Porsche Taycan Turbo S сукупно розвивають 761 к.с. з прискоренням до 100 км/год за 2,8 секунди.

2. Запас ходу. Ця характеристика визначається можливістю зберігати максимальну електричну тягу в ємності батареї. Сучасні автомобілі з електричним двигуном мають здатність подолати від 600 до 800 км за один заряд батареї, що практично дорівнює автомобілям з двигуном внутрішнього згорання.

3. Час на зарядку батареї. Ємність батареї це параметр, який впливає на потужність двигуна, але здатність акумулятора приймати великий струм для повного зарядки визначається зарядним терміналом (приблизно 80% за 35-45 хвилин) чи звичайною побутовою розеткою (повна зарядка за ніч).

Будова вузлів та систем автомобілів з електротягою:

1. Електродвигун (рис. 3).



Рис. 3

Суть роботи двигуна автомобіля з електротягою полягає в тому, що провідник з електрострумом розташований у магнітному полі, під дією механічної сили, яка обертає вал двигуна під впливом електромагнітної взаємодії рухомої частини (ротора) з нерухомим корпусом (статором). Враховуючи особливості роботи електродвигунів за різними методами, то і конструкції також відрізняються.

Для більш дорогих електромобілів Porsche Taycan та Tesla Model S застосовують синхронні двигуни змінного струму з постійними магнітами в якості ротора.

Для автомобілів з меншою вартістю Audi e-tron застосовують асинхронні з нижчим ККД та простішим в управлінні; Renault Zoe застосовують електродвигуни з індукційними котушками працюючих від змінного струму – синхронні, тобто обертання ротора відстає від обертання магнітного поля.

2. Трансмісія (рис. 4).

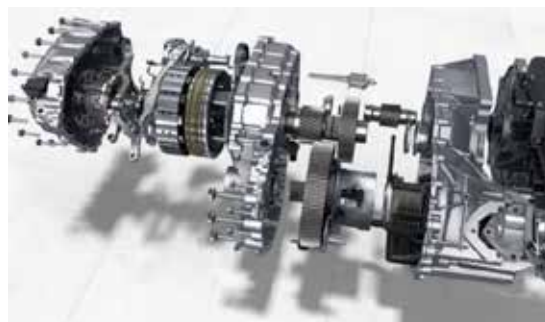


Рис. 4

Висока максимальна швидкість з потужною тягою на низах забезпечується двоступеневою коробкою передач. Двигун з електротягою розвиває значний крутний момент, практично зі старту, тому для електромобіля не потрібна багатоступенева коробка передач, порівняно з автомобілем з двигуном внутрішнього згорання.

3. Акумуляторна батарея (рис 5).

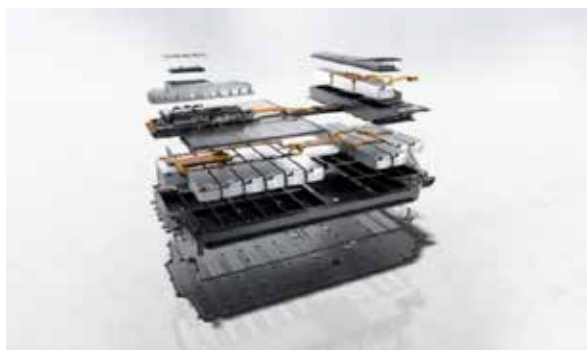


Рис. 5

Це найдорожчий вузол в автомобілі з електротягою. Складається з елементарних акумуляторів, що керуються мікроконтролерами. Батареї різняться за:

- ємністю;
- робочою напругою від 350 до 800 В;
- формою (компоновка під конкретний автомобіль);
- матеріалом виготовлення (літєві, нікелєві).

4. Інвертор (рис. 6).



Рис. 6

Цей прилад в автомобілях з електротягою необхідний для перетворення постійного струму, який надходить від акумулятора, у змінний, який використовують для живлення електродвигуна. Інвертори працюють при високих навантаженнях та сильно нагріваються. Особливістю роботи є керування від педаль електромобіля повздовжнім прискоренням або уповільненням, регулювати потоки енергії від батареї до двигуна і навпаки.

5. Акумулятор. В автомобілях з електротягою для забезпечення роботи бортової електроніки, світлотехніки, електропідсилювачів, актуаторів, компресорів та інших пристроїв необхідний звичайний 12-вольтний акумулятор.

6. Система охолодження (рис. 7).

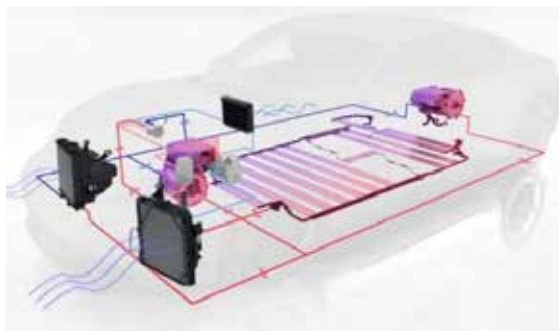


Рис. 7

Ця система забезпечує терморегуляцію інвертора, через який протікає струм високої сили. Вона складається з радіатора, системи теплових магістралей, що потрібно для тяги. Найефективніше працює при великих навантаженнях та частих перехідних циклах.

7. Зарядний блок. Зарядка автомобілів з електротягою може здійснюватися від побутової розетки до спеціально облаштованих терміналів, але слід враховувати виробника електроавтомобіля – європейський, американський, японський, китайський. Особливостями зарядки є струм постійний чи змінний.

8. Гальма. На автомобілях з електротягою в конструкції вбудовані гальмівні колодки, диски, гідромагістралі з гальмівною рідиною. При цьому слід зазначити, що гальмівний механізм зношується менше ніж в машинах з двигуном внутрішнього згорання.

Невеликий запас ходу – не є головною проблемою електромобілів. Про це свідчить дослідження LV= Britannia Rescue, британської компанії, яка надає екстрену допомогу водіям у дорозі. Згідно зі статистикою, яку зібрали британці, лише 11% викликів стосуються розрядженої батареї.

Головною проблемою власників електромобілів експерти назвали проблеми з колесами. Більше третини викликів від водіїв, які пробили колеса.

За статистикою, електромобілі мають проблеми з шинами вдвічі частіше, ніж бензинові автомобілі. Це пов'язано з тим, що електричні моделі через батарею значно важчі за автомобілі з двигунами внутрішнього згорання. Тож, і навантаження на колеса у них більше.

«Зазвичай, люди хвилюються про запас ходу, коли мова йде про «зелені» автомобілі. Але наші дані показують, що це непоширена проблема серед власників електромобілів. Як правило, електромобілі не мають тих проблем, що бензинові або дизельні автомобілі. Але, якщо у вас виникнуть проблеми, то, скоріш за все, вони стосуватимуться коліс», – Генрі Топхем, керуючий директором LV= Britannia Rescue.

Електричні автомобілі приблизно на 50% важчі за бензинові чи дизельні. Саме тому електромобілі частіше стикаються з проблемами не тільки коліс, а також підвіски.

Висновки

Конструкція сучасного автомобіля з електротягою має високий ККД враховуючи рекуперацію, відсутність викиду відпрацьованих газів, нескладну конструкцію приводу коліс, доступність обслуговування та експлуатацію, можливість використовувати енергію за доступною ціною. Також завдяки підтримки більше 30 країн світових автомобільних виробників в рамках кліматичної конференції, було домовлено про перехід на електротягу до 2040 року.

Список використаної літератури

1. У березні українці придбали рекордну кількість електрокарів. Retrieved from: https://galinfo.com.ua/news/u_berezni_ukraintsi_prydbaly_rekordnu_kilkist_elektrokariv_398669.html (дата відвідування 25.04.2023).

2. Сорока К.О. Система автоматизованого вибору швидкісного режиму руху засобів електротранспорту з метою зменшення витрат електроенергії / К.О. Сорока, Т.П. Павленко, Д.О. Личов. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту, 2017, No 3 (69) С. 77-91.

3. Vidomenko O. I. (2017). Perspektivy rozvytku elektromobilnoho transportu v Ukraini [Prospects for the development of electric vehicles in Ukraine]. Naukova Dumka: Materialy Mizhnarodnoi Naukovo-Praktychnoi Konferentsii [Scientific opinion: Materials of the International scientific-practical conference.] (pp. 50-54). Odesa (in Ukrainian).

References

1. U berezni ukraintsi prydbaly rekordnu kilkist elektrokaryv. Retrieved from: https://galinfo.com.ua/news/u_berezni_ukraintsi_prydbaly_rekordnu_kilkist_elektrokariv_398669.html (accessed 25.04.2023).

2. Soroka K.O. (2017) Systema avtomatyzovanoho vyboru shvydkisnogo rezhymu rukhu zasobiv elektrotransportu z metoiu zmenshennia vytrat elektroenerhii / K.O. Soroka, T.P. Pavlenko, D.O. Lychov. Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu, No 3 (69), С. 77-91.

3. Vidomenko O. I. (2017). Perspektivy rozvytku elektromobilnoho transportu v Ukraini [Prospects for the development of electric vehicles in Ukraine]. Naukova Dumka: Materialy Mizhnarodnoi Naukovo-Praktychnoi Konferentsii [Scientific opinion: Materials of the International scientific-practical conference.] (pp. 50-54). Odesa (in Ukrainian).